Über den Einfluß des Lichtes auf die Samenkeimung und seine Abhängigkeit von anderen Faktoren

von

Henryk Baar.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität Wien.
Nr. 36 der 2. Folge.[1]

(Mit 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1912.)

Einleitung.

Bei der wichtigen Rolle, die das Licht im Leben der Pflanzen spielt, ist es kaum zu verwundern, daß auch die Frage nach der Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht die Physiologen seit langem beschäftigte. Senebier, Ingen-Housz, Th. de Saussure versuchten bereits der Frage näher zu treten und kamen zu der Ansicht, das Licht wäre für die Samenkeimung belanglos oder es könne bloß schädlich wirken. Wie lange diese gewiß falsche Anschauung die herrschende war, ersieht man daraus, daß noch im Jahre 1905 Vandervelde sich über das uns beschäftigende Problem folgendermaßen äußern konnte:[2] »La lumière n'a aucune action sur les premiers stades de la germination, aussi longtemps que la chlorophylle n'existe pas.«

Die Ursache dafür, daß die Frage so unrichtig beurteilt werden konnte, liegt zum Teil in der Wahl ungeeigneten

[1] Die p. 692 ff. mitgeteilten Versuche wurden überdies in der biologischen Versuchsanstalt in Wien ausgeführt.

[2] Zitiert aus einem Referate im »Botanischen Zentalblatt«. Das Original (Vandervelde, De Kieming der Zaadplanten) war mir leider unzugänglich.

Versuchsmaterials, zum Teil in der mangelhaften Berücksichtigung der äußeren Bedingungen bei der Versuchsanstellung. Es lag aber auch ein prinzipieller Fehler in der Fragestellung. Man wollte durchaus entweder die Notwendigkeit des Lichtes für die Samenkeimung feststellen oder wenigstens allgemein sagen können, ob das Licht die Keimung beschleunige oder hemme. Es steht aber heutzutage fest, daß die Samen je nach der Pflanzenart oder Pflanzenfamilie und je nach den Außenbedingungen eine verschiedene Empfindlichkeit für Licht und Dunkelheit besitzen.

Während so bis vor kurzem diejenigen Fälle, in welchen das Licht bei der Keimung der Samen eine wesentliche Rolle spielt, als Ausnahme galten (*Viscum album* nach Peyritsch und Wiesner), ist uns gerade in den letzten Jahren dank den Untersuchungen von Heinricher (1899, 1902, 1907), Raciborski (1900), Figdor (1907), Kinzel (1907, 1908, 1909), Remer (1904), Lehmann (1909, 1911) und anderen eine ganze Reihe von Fällen der Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht bekannt geworden. Bei dem eifrigen Sammeln des Tatsachenmaterials ist aber die physiologische Seite des Problems oft in den Hintergrund getreten. Daher kommt es, daß wir über wichtige Fragen sehr mangelhaft unterrichtet sind und daß wir von der richtigen Beurteilung der Lichtwirkung noch weit entfernt sind.

Diesem kurzen Berichte über den heutigen Stand der Frage möchte ich einiges über meine Versuchsanstellung hinzufügen. Da immer bei derartigen Versuchen die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Resultate mit der Zahl der verwendeten Samen wächst, wurden stets Versuche mit einer möglichst großen Samenzahl angestellt. Ich habe es aber vorgezogen, anstatt jedesmal viel Samen zur Keimung auszulegen, die einzelnen gewöhnlich mit je 50 Samen im Lichte und im Dunkeln aufgestellten Versuche mehrfach zu wiederholen. Als Gefäße wurden Petrischalen verwendet. Besondere Fürsorge wurde dafür getragen, daß die Außenbedingungen in den einzelnen Versuchen womöglich gleichmäßig blieben und in ganzen Versuchsreihen möglichst viel variiert wurden.

I. Das Licht als keimungshemmender und Keimungs-fördernder Faktor.

1. Beziehungen zwischen Lichtempfindlichkeit und systematischer Verwandtschaft der Versuchsobjekte.

Es ist schon in der Einleitung darauf hingewiesen worden, daß nicht alle Samen durch das Licht in gleicher Richtung beeinflußt werden. Neben solchen, die sich dem Lichte gegenüber indifferent verhalten, gibt es solche, für deren Keimung die Belichtung eine conditio sine qua non ist, solche, die durch das Licht in ihrer Keimung begünstigt werden, und solche, bei denen das Licht die Keimung vollständig unterdrücken kann. Es entsteht nun die Frage, ob die Art der Lichtempfindlichkeit ein für verschiedene systematische Pflanzengruppen charakteristisches Merkmal ist. Bei der Behandlung dieser Frage durch verschiedene Autoren ergab es sich, daß oft Samen verschiedener Arten ein und derselben Gattung unter sonst gleichen Bedingungen in verschiedener Weise durch Licht beeinflußt wurden. Ja, ich fand sogar, daß von den dimorphen Samen von *Chenopodium album* (bei einer Temperatur von 10 bis 15° C.) die einen mit glänzend schwarzer Hülle von dem Lichte in der Keimung begünstigt werden, während die hell gefärbten sich dem Lichte gegenüber ganz indifferent verhalten. Neben solchen Fällen ist uns durch Figdor ein Fall bekannt geworden, wo eine große Pflanzenfamilie Samen liefert, die im gleichen Sinne lichtempfindlich sind. Alle von dem genannten Forscher untersuchten Gesneriaceensamen keimen ausschließlich im Lichte. Ich bin durch Versuche, die ich mit Amarantaceensamen anstellte, zu der Einsicht gekommen, daß diese Familie ein Gegenstück zu den Gesneriaceen liefert. Es erwiesen sich nämlich die Samen mehrerer *Amarantus-*, *Celosia-* und *Blitum-*Arten als »lichtscheu«. Ihre Keimung wird in ganz auffallender Weise durch das Verdunkeln begünstigt. Ich führe hier Versuche an, welche mit vollständig ausgeruhten, keimfähigen Samen im diffusen Tageslichte ausgeführt wurden, und möchte an dieser Stelle bloß bemerken, daß unter diesen Bedingungen die vom Lichte bewirkte Keimungshemmung bei weitem nicht die größte ist.

Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus*. Versuchsbeginn: 16. November 1911. Dauer der Quellung: 24 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 4 bis 15° C.

	Datum								
	20. XI.	21. XI.	23. XI.	24. XI.	25. XI.	27. XI.	28. XI.	30. XI.	11. XII.
Licht	0	0	0	4	8	10	12	13	13
Dunkel	6	14	28	28	29	29	30	30	31

Nachdem im Verlaufe von 10 Tagen keine neuen Keimungen auftraten, wurde am 11. Dezember die bisher belichtete Schale verdunkelt. Als nun innerhalb eines Monates nicht mehr als vier Keimlinge hinzugekommen waren, wurden die Samen am 10. Jänner 1912 in einen Dunkelthermostaten übertragen und bei 26 bis 28° C. gehalten. Am 12. Jänner waren bereits fast alle Samen ausgekeimt (90%).

Am 15. November 1911 wurden Samen von *Celosia cristata atropurpurea* zur Keimung ausgelegt. Versuchsanstellung ähnlich wie im vorerwähnten Versuche. Temperatur: 4 bis 18° C.

	Datum														
	1911										1912				
	20. XI.	21. XI.	23. XI.	24. XI.	25. XI.	28. XI.	30. XI.	1. XII.	8. XII.	20. XII.	4. I.	11. I.	12. I.	15. I.	16. I.
Licht ...	2	2	7	13	17	19	20	24	verdunkelt	27	31	33	36	38	40
Dunkel..	17	22	30	31	36	39	39	40	—	—	—	—	—	—	—

Blitum virgatum. Versuchsanstellung am 30. November 1911, ähnlich wie in beiden vorigen Versuchen. Temperatur: 4 bis 18° C.

	Datum												
	1911									1912			
	4. XII.	5. XII.	7. XII.	8. XII.	11. XII.	12. XII.	13. XII.	18. XII.	20. XII.	9. I.	11. I.	15. I.	19. I.
Licht	1	1	4	7	10	10	10	10	12	12	12	13	16
Dunkel ...	6	10	14	15	20	21	22	24	25	27	29	30	31

Am 13. Februar 1912 wurde die belichtete Schale verdunkelt. Es traten nachher neue Keimungen auf, worauf am 5. März das Keimprozent der Dunkelkultur erreicht wurde. Da in allen Fällen die genannten und mehrere andere Amarantaceensamen vom Lichte bei der Keimung gehemmt wurden, so lag es nahe, zu untersuchen, ob dieses Merkmal auch für die nahe verwandten Chenopodiaceen charakteristisch ist. Ich fand aber in den Gattungen *Chenopodium, Atriplex, Salicornia, Beta* keinen einzigen Dunkelkeimer.

Aus den oben angeführten Versuchen entnehmen wir auch, daß *Celosia*- und *Blitum*-Samen nicht dauernd durch das Licht geschädigt werden. Werden die vorher dem Lichte exponierten Samen verdunkelt, so keimen sie nach kürzerer oder längerer Zeit normal aus. Ganz anders wirkt das Licht auf die Samen von *Amarantus*. Ein normales Auskeimen der vorher beleuchteten Samen ist durch das bloße Verdunkeln nicht zu erzielen. Dies wird erst möglich, wenn man sie in günstigere Keimungsbedingungen, wie sie eine höhere Temperatur schafft, überträgt.

Wir sehen also, daß die Gattung *Amarantus* (denn andere *Amarantus*-Arten verhalten sich ähnlich) in bezug auf die Lichtempfindlichkeit der Samen eine Zwischenstellung zwischen *Celosia* und *Blitum* einer- und *Nigella damascena* andrerseits einnimmt. Die Samen der letztgenannten Pflanzenart werden nach den Untersuchungen von Kinzel durch das Licht so stark geschädigt, daß es besonderer Reizmittel, wie Anstechen und Behandlung mit Diastase, bedarf, um bei ihnen die Keimfähigkeit zu erwecken, sie werden »lichthart«. An dieser Stelle sei noch erwähnt, daß es auch unter den »Lichtkeimern« solche Samen gibt, bei denen sich die keimungshemmende Wirkung der Dunkelheit nur so lange geltend macht, als die Verdunkelung andauert, und solche, bei denen die Schädigung eine bleibende ist.

Zur letzten Gruppe ist außer dem von Lehmann untersuchten *Ranunculus sceleratus* auch *Physalis Franchetti* zu zählen. Die Samen dieser Solanacee sind, worauf wir noch zurückkommen werden, bei gewissen Temperaturen Lichtkeimer. Die schädigende Wirkung der Dunkelheit macht sich aber auch dann bemerkbar, wenn die vorher dunkel gehaltenen

Samen nachher belichtet werden. Dies ist aus folgendem Versuche zu ersehen.

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti*. Versuchsbeginn: 23. April 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Warmhaus. Temperatur: 14 bis 24° C.

	Datum				
	6. V.	7. V.	8. V.	14. V.	17. V.
Licht	11	13	16	17	18
Dunkel	0	0	0	0	0

Am 20. Mai wurden die bisher verdunkelten Samen ins Licht gestellt, aber es trat nachher nur bei einem Samen Keimung auf.

2. Die Strahlengattungen in ihrem Einflusse auf die Keimung.

Eine Frage von besonderer Bedeutung für unser Problem ist es, ob wir es bei der Beeinflussung der Keimung der *Amarantus*- und *Physalis*-Samen durch das Licht mit einer spezifischen Wirkung der leuchtenden Strahlen zu tun haben oder ob die Hemmung, respektive Förderung auf die thermische Wirkung des Sonnenlichtes zurückzuführen ist. Diese Frage gewinnt an Interesse durch die Wendung, die in letzter Zeit unsere Kenntnisse von der Abhängigkeit der Keimung der Gramineenkörner vom Lichte nahmen. Die günstige Wirkung, welche das Licht auf die Keimung dieser Früchte ausübt, wurde von Stebler bereits im Jahre 1881 betont. Nun zeigten die Untersuchungen von Liebenberg (1884), besonders aber die von Pickholz (1911), daß das Licht vollständig durch intermittierende Temperatur ersetzt werden kann und seine Wirkung hauptsächlich den dunklen Wärmestrahlen zuzuschreiben ist. Der leuchtende Teil des Sonnenspektrums kommt nur insofern in Betracht, als sich das Licht in Wärme umsetzen kann. Zufolge dieses Ergebnisses sind *Poa* und wahrscheinlich

auch die anderen Gramineen aus der Liste der Lichtkeimer zu streichen.[1]

Um zu entscheiden, ob nicht auch die Wirkung des Lichtes auf die *Amarantus*- und *Physalis*-Samen eine thermische ist, wurde erstens der Einfluß der ultraroten Strahlen an und für sich und zweitens des Sonnenlichtes minus ultrarote Strahlen untersucht. Es ergab sich, daß die Keimung der *Amarantus*-Samen durch die Wärmestrahlen nicht im geringsten geschädigt wird und daß sich die hemmende Wirkung des Sonnenlichtes durch die Ausschaltung der Wärmestrahlen nicht vermindert. Dies beweisen folgende Versuche.

Versuchspflanze: *Amarantus caudatus*. Versuchsbeginn: 5. Juli 1911. Dauer der Quellung: 4 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Die Wärmestrahlen wurden durch eine 1 *dm* dicke Wasserschichte absorbiert.

	Datum		
	7. VII.	8. VII.	13. VII.
Direktes Sonnenlicht	0	0	0
Dunkel	1	38	42

Am 5. Juli 1911 wurden in gewöhnlicher Weise 50 Samen von *Amarantus atropurpureus* ausgelegt und die Schale mittels einer Senebier'schen Glocke bedeckt, welche mit einer Lösung von J in CS_2 gefüllt war. Durch diese Lösung passieren ausschließlich die ultraroten Strahlen.

	Datum			
	6. VII.	7. VII.	8. VII.	10. VII.
Sonnenlicht, welches eine Lösung von J in CS_2 passiert	1	32	40	42

Wir sehen, daß in diesem Versuche die Keimung eine ganz normale ist, während sie im vorangehenden durch das Licht vollständig unterdrückt wird. Wir werden bald darauf

[1] Die neuesten Untersuchungen von Gassner über die Keimung der Früchte von *Chloris ciliata* finden an anderer Stelle Berücksichtigung.

zu sprechen kommen, worauf diese besonders starke Hemmung zurückzuführen ist.

Entgegengesetzt verhält sich unter den im Versuche gegebenen Bedingungen *Physalis Franchetti.*

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti.* Versuchsbeginn: 26. April 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 12 bis 26° C.

	Datum						
	8. V.	9. V.	10. V.	13. V.	14. V.	20. V.	23. V.
Licht, welches eine Lösung von J in CS_2 passiert	0	0	0	0	0	0	1
Licht	2	4	9	19	21	31	32

Die angeführten Versuche berechtigen uns zu dem Schlusse, daß sowohl die *Amarantus*-Samen als auch die von *Physalis Franchetti*, beide (unter den angeführten Temperaturverhältnissen) im entgegengesetzten Sinne, für den leuchtenden Teil des Sonnenspektrums empfindlich sind.

Wie verhalten sich nun die einzelnen Spektralbezirke?

Über diesen Punkt äußert sich Lehmann in seinem Sammelreferate in der Weise:

»Ganz im allgemeinen läßt sich wohl sagen, daß die durch das Licht in der Keimung begünstigten Samen durch die Strahlen geringer Brechbarkeit, also Rot bis Gelb, gefördert werden, während für Dunkelsamen Grün bis Violett günstig ist.«

Lehmann bemerkt aber gleich, daß diese Regel keineswegs ausnahmslos ist. Da auch weder die *Amarantus*- noch die *Physalis*-Samen sich dieser Regel unterordnen lassen, glaube ich, daß wir zu keinem allgemeinen Ausspruche über die Wirkungen der verschiedenen Strahlengattungen auf die Samenkeimung berechtigt sind.

Bevor ich auf meine einschlägigen Versuche eingehe, möchte ich noch darauf aufmerksam machen, daß derartige Experimente nie vollständig einwandfrei sein können. Es werden nämlich, wie schon Pauchon darauf hingewiesen

hat, die Strahlen verschiedener Wellenlänge nicht gleichmäßig durch die gefärbte Samenschale absorbiert. Viel wichtiger ist noch der Einwand, daß die Lichtintensität in den verschiedenen Spektralbezirken nicht die gleiche ist. Um die zweite Fehlerquelle auszuschalten, wurden Samen verwendet, welche bereits auf sehr geringe Lichtintensitäten in demselben Sinne reagieren wie auf starkes diffuses Tageslicht. Bei *Amarantus* sind es nicht vollständig ausgeruhte Samen, bei *Physalis* kann auch älteres Saatgut verwendet werden. Bei den Samen dieser Pflanze entfällt auch der erste Einwand, weil ihre Samenschale fast vollständig farblos ist.

Um möglichst monochromatisches Licht zu erhalten, wurden nach den Angaben von A. Nagel (1898) hergestellte

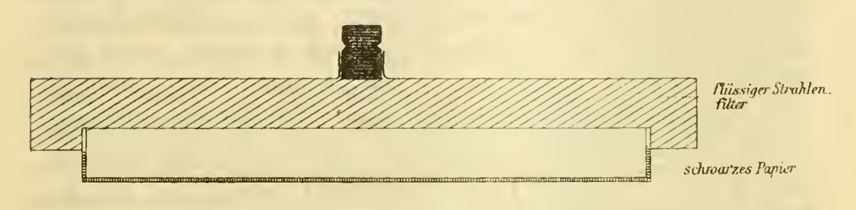


Fig. 1.

Querschnitt durch eine Kulturschale.

flüssige Strahlenfilter benutzt, die entsprechenden Flüssigkeiten in nach dem Prinzipe der Senebier'schen Glocken konstruierte Petrischalen eingefüllt und diese Gefäße mit den Samen beschickt. Diese in Fig. 1 dargestellten Kulturschalen wurden deshalb den Senebier'schen Glocken vorgezogen, weil bei ihrer Benutzung die Lichtintensität bedeutend weniger abgeschwächt wird.

Am 29. Jänner 1912 wurden je 50 im Oktober 1911 geerntete Samen von *Amarantus retroflexus* ohne Vorquellung in gewöhnlicher Weise in oben beschriebenen Gefäßen ausgelegt. Auch das Ausbleiben der Vorquellung sowie die niedrige Temperatur, die im Versuchsraum herrschte (sie betrug 5 bis 10° C., stieg aber am Schlusse des Versuches bis auf 20° C.) trugen, wie noch erörtert werden soll, dazu bei, die Empfindlichkeit der Samen für Licht zu erhöhen.

Datum	Tages-licht	Rot	Orange	Gelb	Grün	Blau und Violett	Dunkel
5. Februar..	0	0	0	0	0	0	4
6. ..	0	0	0	0	0	0	11
9. » ..	0	0	0	0	0	0	12
12. ..	0	0	0	1	0	0	12
15. » ..	0	0	0	1	0	0	14
19. » ..	0	0	0	2	0	0	15
29. » ..	0	0	0	4	0	0	15
8. März....	0	0	0	4	0	1	15

Der oben angeführte Versuch lehrt uns, daß die Keimung sehr empfindlicher *Amarantus*-Samen unter äußeren Bedingungen, welche die Lichtempfindlichkeit erhöhen, durch alle Bezirke des Sonnenspektrums in fast gleichem Maße gehemmt wird. Nicht so *Physalis Franchetti*. Aber auch bei dieser Pflanze zeigen die Beziehungen zwischen der Brechbarbeit der Strahlen und deren (in diesem Falle fördernden) Einwirkung auf die Keimung keinerlei Regelmäßigkeit etwa im Sinne des Lehmannschen Satzes.

Samen von *Physalis Franchetti* wurden am 23. April 1912 in ähnlicher Weise wie im vorerwähnten Versuche von *Amarantus* zur Keimung ausgelegt. Temperatur: 14 bis 24° C.

Datum	Tages-licht	Rot	Orange	Gelb	Grün	Blau und Violett	Dunkel
2. Mai.....	0	0	0	1	0	0	0
3. »	0	1	3	8	0	0	0
6. »	11	3	17	15	0	9	0
7. »	13	3	19	17	0	9	0
8. »	16	3	21	18	0	9	0
9. »	16	3	22	18	0	9	0
13. »	16	3	24	18	0	9	0
14. »	17	3	27	19	0	9	0
17. »	18	3	27	19	0	9	0

Also ein Optimum bei Orange bis Gelb, dann ein Minimum bei Grün und ein zweites tieferes Optimum bei Blau bis Violett.

3. Die Lichtintensität in ihrer Bedeutung für die Samenkeimung.

Es wurde oben bei der Besprechung der *Amarantus*-Samen schon mehrfach darauf hingewiesen, daß für die Kenntnis des Einflusses des Lichtes auf die Samenkeimung die Intensität des Lichtes nicht ohne Bedeutung ist. Diese wurde aber merkwürdigerweise selten einer genaueren Untersuchung unterworfen. Nur über die zur Keimung der *Viscum album*-Samen nötige Lichtintensität sind wir dank den Untersuchungen von Wiesner genauer unterrichtet. Sie ist nach diesem Forscher größer als die für die Weiterentwicklung notwendige. Remer (1904) bemerkt, daß die hemmende Wirkung des Lichtes auf die Keimung der Samen von *Phacelia tanacetifolia* beim Sinken der Lichtintensität in einem verhältnismäßig rascheren Tempo abnimmt. Eingehender wurde die Frage nach der Wirkung des Lichtes verschiedener Intensität auf die Samenkeimung in letzter Zeit von Lubimenko behandelt. Dieser Autor kam durch seine Untersuchungen an *Pinus silvestris, Caragana arborescens, Betula alba* und *Picea excelsa* zu dem Schlusse, daß abgeschwächtes Licht oft keimungshemmend wirkt im Vergleiche zu vollem Tageslichte und völliger Dunkelheit. Während sowohl in den vollbeleuchteten Versuchsgefäßen als auch in den verdunkelten die Keimung normal vor sich ging, trat im abgeschwächten Tageslichte ein geringeres Keimprozent auf. Zur Erklärung dieser Tatsache nimmt Lubimenko an, die untersuchten Samen wären an zwei Keimungsmodalitäten angepaßt, an eine Keimung im Lichte und eine im Dunkeln:

»Au point de vue physiologique, il faut distinguer deux types de la germination d'une même plante: la germination à la lumière et la germination à l'obscurité« (1911, p. 435).

Wirkt auf die Samen ein entsprechend abgeschwächtes Licht, so ist die Lichtkeimung bereits unmöglich, während die Dunkelkeimung noch nicht eintreten kann. Zu dieser ganz

unwahrscheinlichen Hypothese war Lubimenko, wie ich glaube, durch seine Versuchsergebnisse gar nicht berechtigt. Die Unterschiede in den einzelnen Versuchsreihen sind zu gering, die von ihm gezeichneten Kurven weisen oft ein unregelmäßiges Ansteigen und Sinken auf.

Ich verwendete zu meinen Versuchen anfangs eine künstliche Lichtquelle von bekannter Stärke und erzielte verschiedene Lichtintensitäten, indem ich die Objekte in verschiedener Entfernung von der Lichtquelle aufstellte. Bald kam ich aber zu der Überzeugung, daß die von Lubimenko angewendete Methode für diese Zwecke günstiger ist. Diese besteht darin, daß die Versuchsgefäße durch eine verschiedene Zahl Papierlagen bedeckt werden. Meine Versuche lehrten mich, daß »eben ausgeruhte« Samen von *Amarantus retroflexus* bereits durch die geringsten Lichtintensitäten in der Keimung gehemmt werden.

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*. Versuchsbeginn: 1. März 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort Versuchsraum des Gewächshauses. Ernte: Oktober 1911. Temperatur: 10 bis 20° C.

		Datum				
		5. III.	7. III.	11. III.	13. III.	14. III.
Tageslicht[1]		0	1	2	2	2
Abgeschwächtes Tageslicht	durch 5 Papierlagen	0	1	3	3	4
	» 6 »	0	0	0	0	0
	» 7 »	0	0	2	2	2
	» 8 »	0	1	1	2	2
Dunkel		17	35	40	40	40

Die Lichtintensität wurde mittels der Wiesner'schen[2] Methode gemessen. Sie betrug unter acht Papierlagen im Maximum an einem sonnigen Tage bei völlig klarem Himmel

[1] Wo nichts anderes angegeben ist, ist diffuses Tageslicht gemeint.

[2] Diese Methode gibt zwar bei Verwendung des Normalpapiers nur über die sogenannte chemische Lichtintensität Aufschluß; sie läßt aber näherungsweise auf die Stärke des Gesamtlichtes schließen (vgl. Wiesner, Der Lichtgenuß der Pflanzen, Leipzig 1907, p. 27).

0·0015 Bunsen-Roscoe'sche Einheiten. In einem anderen Versuche wurde die Keimung der *Amarantus*-Samen durch eine Lichtintensität, welche im Maximum 0·0006 Bunsen-Roscoe-sche Einheiten betrug, in gleichem Maße wie durch volles Tageslicht gehemmt.

Während »eben ausgeruhte« Samen schon für so minimale Lichtintensitäten empfindlich sind, verhalten sich ältere Samen ganz anders. Bei normalen Keimungstemperaturen kann nur direktes Sonnenlicht die Keimung vollständig unterdrücken. Dies ist aus dem auf p. 673 angeführten Versuche zu ersehen. Starkes diffuses Tageslicht hemmt, wie es der auf p. 670 angeführte Versuch zeigt, die Keimung in bereits viel geringerem Maße. Schwaches diffuses Licht vermag endlich gar keine Wirkung auf ältere *Amarantus*-Samen auszuüben.

Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus.* Versuchsbeginn: 27. Juni 1911. Dauer der Quellung: 22 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Hintergrund des Versuchsraumes. Temperatur: 20 bis 26° C. Lichtintensität im Maximum: 0·055.

	Datum							
	28. VI.	29. VI.	30. VI.	1. VII.	3. VII.	5. VII.	6. VII.	8. VII.
Schwaches diffuses Tageslicht	0	15	30	34	41	41	41	42
Dunkel	1	22	30	36	39	41	42	42

Kontrollversuche in starkem diffusen Tageslichte zeigten, daß die Temperatur für den Ausfall des angeführten Versuches nicht verantwortlich zu machen ist.

Ähnlich wie die empfindlichen *Amarantus*-Samen verhält sich auch der Lichtkeimer *Physalis Franchetti.* Es sind sehr geringe Lichtintensitäten dazu notwendig, um den Samen dieser Pflanze die Keimung zu ermöglichen.

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti.* Versuchsbeginn: 25. April 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Warmhaus. Temperatur: 14 bis 24° C.

	Datum					
	6. V.	7. V.	8. V.	9. V.	10. V.	13. V.
Tageslicht	15	18	18	18	19	19
Tageslicht, abgeschwächt durch 2 Papierlagen	7	9	11	13	13	16
Tageslicht, abgeschwächt durch 4 »	10	13	14	16	17	18
Tageslicht, abgeschwächt durch 8 »	9	9	11	12	13	13
Tageslicht, abgeschwächt durch 3 Lagen dicken Papieres	9	10	10	12	12	12
Dunkel	0	0	0	0	0	0

Die Intensität des durch 3 Lagen dicken Papieres abgeschwächten Lichtes betrug im Maximum 0·000315 Bunsen-Roscoe'sche Einheiten.

II. Einfluß äußerer Faktoren auf die Licht- und Dunkelkeimung.

Ich habe es schon einigemal erwähnt und es ist in der Literatur bereits mehrfach darauf hingewiesen worden, daß sowohl die Eigenschaften des Samens als auch die äußeren Bedingungen für den Grad der Empfindlichkeit für Licht und Dunkel von großer Bedeutung sind.

1. Alter der Samen und ihre Lichtempfindlichkeit. Abkürzung der Ruheperiode.

Vor allem ist hier das Alter der Samen zu erwähnen. Bereits Heinricher, Kinzel und andere haben die Wichtigkeit dieses Faktors richtig erkannt und gewürdigt. Sie kamen zu der Einsicht, daß die Lichtempfindlichkeit bis zu einem gewissen Grade im reziproken Verhältnisse zum Alter der Samen steht.[1] Frische »Lichtsamen« werden besonders stark durch die Dunkelheit geschädigt, ebenso wie frische »Dunkelsamen« besonders stark durch das Licht. Wir werden bald sehen, daß auch die *Amarantus*-Samen sich in diese Regel einfügen

[1] Bei *Veronica* gilt das nur für getrocknetes Saatgut.

lassen. Eine dieser Regel widersprechende Angabe stammt von Adrianowski. Dieser stellt die Behauptung auf, das Licht könne ausschließlich einen retardierenden Einfluß auf die Samenkeimung ausüben. Die Hemmung soll aber um so größer sein, je älter die Samen. Da auch die Meinung, das Licht könne die Keimung nur hemmen, nicht weiter bestehen kann und Adrianowski nicht »lichtempfindliche« Samen als Versuchsobjekte verwendet zu haben scheint, ist dieser Angabe nicht viel Bedeutung beizumessen.

Was nun die Samen von *Amarantus retroflexus* anlangt, so werden sie im Herbste reif. Sie sind aber um diese Zeit nicht keimfähig. Im November und im Dezember 1911 auf feuchtem Filtrierpapier bei normaler Keimungstemperatur ausgelegte Samen waren im März 1912 weder im Lichte noch im Dunkeln ausgekeimt. Sie besitzen also eine ausgesprochene Ruheperiode. Das einzige Mittel, die frischen *Amarantus*-Samen im Oktober schon zum Keimen zu bringen, fand ich im Behandeln der Samen mit verdünnten Säuren. Dieses Ausschalten der Ruheperiode gelingt nur bei einem Teile der Samen, und zwar nur im Dunkeln. In den Versuchen, die ich diesbezüglich anstellte, keimten im Lichte auf 250 bloß drei Samen, während von den verdunkelten in einem Falle 20 %, in einem 30 % und in drei Fällen je 50 % ausgekeimt waren. Ich führe hier zwei Versuche an; in einem wurden die Samen mit verdünnter Salzsäure, im anderen mit verdünnter Phosphorsäure behandelt.

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*, frische Samen. Versuchsbeginn: 24. Oktober 1911. Dauer der Quellung: 22 Stunden. Substrat: Filtrierpapier, befeuchtet mit 0·5 bis 1 % HCl. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 13 bis 20° C.

	Datum									
	28. X.	30. X.	31. X.	1. XI.	2. XI.	3. XI.	4. XI.	6. XI.	9. XI.	13. XI.
Licht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dunkel	1	8	10	12	17	22	23	25	26	27

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*, frische Samen. Versuchsbeginn: 24. Oktober 1911. Dauer der Quellung: 24 Stunden. Substrat: Filtrierpapier. mit 0·5 bis 1% HPO_3 befeuchtet. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 13 bis 20° C.

	Datum							
	28. X.	30. X.	1. XI.	2. XI.	3. XI.	4. XI.	6. XI.	9. XI.
Licht	0	0	0	0	0	0	0	0
Dunkel	1	4	7	13	19	21	23	24

Ähnliche Resultate sind auch zu erzielen, wenn man die Samen in der Säure zur Quellung bringt und nachher auf mit Wasser befeuchtetem Filtrierpapier auslegt.

Man könnte hier einwenden, daß es nicht innere Gründe sein müssen, welche die Keimung normalerweise verhindern, daß wir also nicht berechtigt sind, zu sagen, durch die Säure wäre eine Ausschaltung der Ruheperiode bei einem Teile der Samen erzielt worden. Es liegt ja auch die Möglichkeit vor, daß die Beschaffenheit der Samenschale der Keimung ein Hindernis bietet. In der Natur könnte dieses Hindernis dadurch beseitigt werden, daß durch den Frost die Samenhülle gesprengt wird, im Experimente würde die Säure eine Veränderung der Samenschale bewirken. Gegen diese Annahme spricht aber entschieden die Tatsache, daß nach einigen Monaten bei Zimmertemperatur trocken aufbewahrte Samen keimfähig werden. Ich halte es also für sehr wahrscheinlich, daß wir es hier mit einem der Winterruhe der Knospen vieler unserer Gewächse analogen Zustande zu tun haben. Die Säure wirkt hier als Keimungsreiz,[1] ähnlich wie sie in den Versuchen von Jesenko die ruhenden Knospen zum Treiben bringt.

Von Oktober angefangen bis März nächsten Jahres verändert sich langsam der Zustand der *Amarantus*-Samen, ihre Ruheperiode klingt ganz allmählich aus. Im November genügt

[1] Fischer gebührt das Verdienst, die Wirkung der Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize einer genauen Untersuchung unterzogen zu haben.

bereits eine Erhöhung der Temperatur auf 28 bis 30° C., um die Keimung zu ermöglichen. Wurden um diese Zeit *Amarantus retroflexus*-Samen in einen Dunkelthermostaten von der erwähnten Temperatur gebracht, so keimten sie innerhalb zweier Tage in 90 bis 100%. (Als unfreiwillige Ruhe[1] kann dieser Zustand nicht bezeichnet werden, da bei Temperaturen zwischen 10 und 15° C., welche zur Keimung ein Jahr alter Samen derselben Pflanze vollständig genügen, diese Samen eines besonderen Keimreizes bedürfen.) Dieser Zustand dauert bis Mitte Januar. Um diese Zeit keimen die *Amarantus*-Samen bereits bei normalen Temperaturen. Das Licht vermag aber ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des Keimbettes die Keimung vollständig zu unterdrücken.

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*. Samen geerntet: Oktober 1911. Versuchsbeginn: 18. Januar 1912. Dauer der Quellung: 8 Stunden. Substrat: Gartenerde. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 7 bis 17° C.

	Datum				
	25. I.	26. I.	29. I.	30. I.	5. II.
Licht	0	0	0	0	0
Dunkel	17	19	23	24	25

Nur bei relativ niedrigen Temperaturen, wie es die in der Tabelle angegebenen sind, vermag das Licht die Keimung vollständig zu unterdrücken. Bereits um ein weniges höhere Temperaturen ermöglichen die Keimung auch im Lichte. Die verdunkelten Samen keimen freilich rascher und es wird im Dunkeln eine höhere Prozentzahl der Keimlinge erreicht als im Lichte. Dies zeigt folgender Versuch.

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*. Samen geerntet: Oktober 1911. Versuchsbeginn: 23. Januar 1912. Dauer der Quellung: 19 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Warmhaus. Temperatur: 14 bis 24° C.

[1] Vgl. Molisch, Das Warmbad usw., Jena 1909, p. 4.

	Datum				
	26. I.	27. I.	29. I.	30. I.	1. II.
Licht	0	4	10	11	12
Dunkel	9	13	23	24	24

In dem soeben beschriebenen Zustande verbleiben die Samen bis Anfang März, wo ihnen schon ein normales Auskeimen (80 bis 100%) möglich ist. Der einzige Unterschied, der jetzt zwischen ihnen und älteren Samen besteht, ist der, daß sie viel empfindlicher für die Einwirkung des Lichtes sind. Sie keimen fast nur im Dunkeln. Solche Samen bezeichne ich als »eben ausgeruht«. Es sei an dieser Stelle ein Versuch mit solchen »eben ausgeruhten« Samen angeführt.

Versuchspflanze: *Amarantus retroflexus*. Samen geerntet: Oktober 1911. Versuchsbeginn: 1. März 1912. Ohne Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 10 bis 20° C.

	Datum			
	5. III.	7. III.	8. III.	11. III.
Licht	0	1	1	2
Dunkel	17	35	38	40

2. Farbe der Samenschale.

Von vorneherein war es sehr wahrscheinlich, daß die Farbe der Samenschale für das Verhalten der Samen dem Lichte und besonders dem spektral zerlegten gegenüber nicht belanglos sein wird. Das war um so wahrscheinlicher, da schon Pauchon Beziehungen zwischen der Farbe der Samenschale einerseits, der Raschheit der Keimung und dem Gaswechsel der keimenden Samen andrerseits gefunden hat. Unter anderem sagt er:

»L'issue de la radicule a été, presque toujours, plus hâtive chez les graines blanches, que chez les graines violet noir.«

Ganz anders verhielten sich aber meine Versuchsobjekte. In meinen Versuchen keimten die dunkelpurpurn bis schwarz gefärbten Samen von *Amarantus atropurpureus* stets früher als die hellgelben bis farblosen Samen von *Amarantus caudatus*. Dem Lichte gegenüber verhalten sich beide *Amarantus*-Arten gleich; die Unterschiede sind bloß graduell. Andererseits werden die den Samen der meisten Amarantaceen ähnlich gefärbten, glänzend schwarzen Samen von *Chenopodium album* durch das Licht in der Keimung begünstigt (wenn auch nicht in hohem Maße). Ich konnte also ebensowenig wie alle, die sich mit dem Probleme der Lichtkeimung beschäftigten, klare Beziehungen zwischen den Pigmenten der Samenschale und der Lichtempfindlichkeit der Samen finden.

3. Wirkung der Vorquellung auf die Samenkeimung im Lichte.

Daß die Vorquellung bei vielen Samen die Keimung beschleunigt, ist eine so allgemein bekannte Tatsache, daß ich auf dieses Moment gar nicht zu sprechen käme, wenn sich bei meinen Versuchen mit *Amarantus atropurpureus* nicht eine interessante Beziehung zur gleichzeitigen Lichtwirkung ergeben hätte.

Am 2. Februar 1912 wurden in gewöhnlicher Weise Samen für zwei Versuche ausgelegt. Für den einen Versuch wurden ungequollene Samen verwendet, für den anderen Samen nach einer 17stündigen Vorquellung. Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus*. Temperatur: 5 bis 16° C.

Datum	Versuch mit Vorquellung		Versuch ohne Vorquellung	
	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel
5. Februar	0	10	0	2
8. »	4	34	0	33
9. »	7	36	0	37
12. »	14	36	0	40
13. »	14	36	3	40
16. »	15	38	4	40

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß die verdunkelten Samen gleich gut auskeimen, ob sie vorher gequollen waren oder nicht. Ganz anders verhalten sich die dem Lichte exponierten Samen. Die hemmende Wirkung des Lichtes auf die Keimung der *Amarantus*-Samen macht sich bei den nicht gequollenen Samen in viel höherem Maße bemerkbar als bei den vorher gequollenen. In den angeführten Versuchen beziehen sich die Unterschiede sowohl auf die Raschheit der Keimung als auch auf die Zahl der keimenden Samen. Oft wiesen im Lichte die nicht gequollenen Samen den gequollenen gegenüber bloß eine Verzögerung auf. Immerhin läßt sich sagen, daß die vorangehende Quellung die Empfindlichkeit der *Amarantus*-Samen für Licht vermindert. Diese Tatsache habe ich nur für *Amarantus*-Samen konstatiert.[1]

Das auffallende Verhalten der *Amarantus*-Samen läßt sich plausibel machen, wenn wir bedenken, daß während der Quellung alle Samen, sowohl die nachher im Lichte als auch die nachher im Dunkeln ausgelegten, sich unter gleichen Bedingungen befanden. Sie machten alle innerhalb der 17 Stunden Quellung die (äußerlich nicht sichtbaren) Anfangsstadien der Keimung durch. Dazu kommt noch, daß während der Quellung nur äußerst wenig Licht zu den Samen durchdringen konnte. Sie sind also den nicht gequollenen gegenüber um ein weniges begünstigt. Es ist klar, daß bei den in beiden Versuchen unter günstigen Keimungsbedingungen verweilenden, verdunkelten Samen die geringe Begünstigung nicht zutage treten kann, wohl aber bei den belichteten. Wir werden bald sehen, daß die *Amarantus*-Samen auch auf andere Begünstigungen, respektive schädliche Einflüsse im Lichte eher reagieren als im Dunkeln.

4. Die Qualität des Keimbettes in ihrem Einflusse auf Licht- und Dunkelkeimung.

Nach Lehmann keimen die Samen von *Ranunculus sceleratus* im frischen Zustande auf mit destilliertem Wasser

[1] Bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse ist davor zu warnen, in einzelnen Fällen Gefundenes zu verallgemeinern.

getränktem Filtrierpapier nur im Lichte. Wird aber das Filtrierpapier anstatt mit Wasser mit Knop'scher Nährlösung befeuchtet, so verschwindet der Unterschied zwischen Licht und Dunkel; ja es wird sogar im Dunkeln ein höheres Keimprozent erreicht als im Lichte. Auch Gartenerde ermöglicht als Substrat den Samen von *Ranunculus sceleratus* die Keimung ohne Licht. Dies sind unstreitbar sehr wichtige und interessante Ergebnisse. Die *Amarantus*-Samen, welche eine den Samen von *Ranunculus sceleratus* entgegengesetzte Empfindlichkeit für Licht und Dunkel besitzen, zeigen auch in bezug auf die Qualität des Keimbettes das entgegengesetzte Verhalten. Gartenerde oder Sand als Substrat ermöglichen nämlich den *Amarantus*-Samen das Erreichen eines höheren Keimprozentes im Lichte. Dies merkwürdige Verhalten mancher Licht- und Dunkelkeimer kann vorläufig ebensowenig eine Erklärung finden wie das analoge Verhalten der Mikrosporen von *Ulothrix zonata*. Bei diesen hebt nach Klebs eine 0·2- bis 0·5prozentige Nährlösung die Lichtempfindlichkeit völlig auf.[1]

Die Wirkung des Substrates kommt aber nur bei vollständig ausgeruhten *Amarantus*-Samen zur Geltung. Bei Samen, deren Ruheperiode noch nicht ganz ausgeklungen ist, vermag, wie ich bereits p. 683 erwähnte, das Substrat die Wirkungen des Lichtes nicht im geringsten zu beeinflussen. Aber auch die Temperatur muß bei Betrachtung der Substratwirkungen mitberücksichtigt werden. Nur bei höheren Temperaturen (20 bis 26° C.) kann im Lichte auf Gartenerde das Keimprozent der Dunkelkulturen erreicht werden. Sind die Temperaturen tiefer (5 bis 15° C.), so läßt sich der hemmende Einfluß des Lichtes auch auf diesem Substrate bemerken. Aus einem Vergleiche mit Kulturen auf feuchtem Filtrierpapier ist aber zu ersehen, daß durch den Einfluß der Gartenerde die schädigende Wirkung des Lichtes auf die Keimung der *Amarantus*-Samen herabgesetzt wird. Ich lasse nun einige Versuchstabellen folgen, welche das Gesagte illustrieren sollen.

[1] Vgl. Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896, p. 320.

Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus.* Versuchsbeginn: 28. Juni 1911. Dauer der Quellung: 20 Stunden. Substrat: Gartenerde. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 20 bis 26° C.

	Datum			
	30. VI.	1. VII.	3. VII.	4. VII.
Licht	8	27	39	50
Dunkel	25	36	47	50

Aus dem Vergleiche der zwei folgenden Tabellen erkennt man die Wirkung des Substrates bei tieferen Temperaturen.

Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus.* Versuchsbeginn: 8. Dezember 1911. Dauer der Quellung: 44 Stunden. Substrat: Gartenerde. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 5 bis 15° C.

	Datum				
	12. XII.	13. XII.	14. XII.	15. XII.	18. XII.
Licht	4	9	12	19	27
Dunkel	27	31	32	32	39

Versuchspflanze: *Amarantus atropurpureus.* Versuchsbeginn: 12. Dezember 1911. Dauer der Quellung: 22 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 5 bis 15° C.

	Datum				
	18. XII.	19. XII.	20. XII.	22. XII.	27. XII.
Licht	0	0	4	14	17
Dunkel	29	31	35	41	41

Man könnte einwenden, bei den Versuchen könnten die Unterschiede in der Dauer der Quellung ebenso eine Rolle gespielt haben wie die Unterschiede im Keimbett. Dies trifft aber gewiß nicht zu, da die *Amarantus*-Samen bereits nach 6 Stunden vollständig gequollen sind. Jede weitere Quellung bleibt auf die Keimung ohne Einfluß; sie schädigt auch die

Keimfähigkeit nicht, da *Amarantus*-Samen sogar untergetaucht keimen und es bis zur Entfaltung der Kotyledonen bringen können.

Wenn wir die Erfahrungen über die Wirkungen des Substrates auf die Keimung der *Amarantus*-Samen zusammenfassen, so können wir sagen, daß eine Begünstigung der Keimung in bestimmten Keimbetten sich viel eher oder auch nur in den Lichtkulturen bemerkbar macht und folglich die Unterschiede zwischen Licht- und Dunkelkulturen verringert. Dabei ist aber der Geltungsbereich dieses Keimbetteinflusses nur beschränkt; es gibt lichtempfindliche Samen, welche auf recht verschiedenen Substraten sich dem Lichte gegenüber gleich verhalten. Dies kommt z. B. vor bei den Samen von *Physalis Franchetti*, die unter gewissen Temperaturverhältnissen Lichtkeimer sind. Im Gegensatze zu *Ranunculus sceleratus* und *Amarantus* zeigen hier die Lichtkulturen, und zwar nur die Lichtkulturen die Wirkung des Substrates so, daß die Unterschiede anstatt kleiner größer werden.

Versuch vom 1. März 1912 mit Samen von *Physalis Franchetti*. Keine Vorquellung. Keimbett: I. feuchtes Filtrierpapier, II. Gartenerde. Ort: Warmhaus. Temperatur: 13 bis 27° C.

Datum	I		II	
	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel
11. März	9	1	12	1
12. »	12	1	15	5
13. »	15	1	24	5
15. »	18	1	30	5
16. »	20	1	33	5
18. »	21	1	38	5
19. »	22	5	40	6

Auch die Samen von *Nicotiana Tabacum* folgen nicht der für *Amarantus* und *Ranunculus sceleratus* geltenden Regel. Nach den Untersuchungen von Raciborski weisen sie auf den verschiedensten Substraten die gleiche Abhängigkeit vom

Lichte auf. Sie zeigten sich in allen Fällen als ausgesprochene Lichtkeimer.[1] Dasselbe konnte ich für die Samen von *Begonia semperflorens* konstatieren. Auch sie werden ohne Rücksicht auf das Substrat bei den Temperaturen von 12 bis 20° C. durch das Licht in hohem Maße begünstigt.

5. Die Temperatur in ihrem Einflusse auf die Lichtempfindlichkeit.

Vielleicht der wichtigste von allen Faktoren, welche die Lichtempfindlichkeit der Samen beeinflussen, ist die Temperatur. Dies vermutete bereits im Jahre 1880 Pauchon:

»Il y a tout lieu de supposer,...... que l'influence de la lumière n'est point identique suivant les conditions de temperature, qui interviennent dans l'expérience.«

Trotzdem wurde dieser Faktor in den Versuchen über Lichtkeimung viel zu wenig beachtet und erst in letzter Zeit (1911) von Lehmann in vollem Maße gewürdigt. Lehmann kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schlusse, daß Arbeiten über Lichtkeimung ohne Berücksichtigung der Temperatur ganz wertlos sind. Wir werden bald sehen, daß Lehmann's Äußerung vollständig berechtigt ist, daß die Empfindlichkeit vieler Samen für Licht und Dunkel in einer ganz bestimmten Abhängigkeit von der Temperatur steht, ja daß die Temperatur eine Umstimmung der Lichtempfindlichkeit bewirken kann, indem Samen, die normalerweise als Dunkelkeimer gelten, bei abnormen Temperaturen Lichtkeimer werden können und umgekehrt.

Wir haben schon bei der Besprechung der Wirkung des spektral zerlegten Lichtes, der Bedeutung des Alters der Samen und des Substrates Gelegenheit gehabt, der Temperaturwirkung einige Worte zu widmen. Wir sahen, daß die *Amarantus*-Samen die größte Empfindlichkeit für Licht bei niedrigen Temperaturen zeigen. Besonders lehrreich sind in dieser Hinsicht Versuche mit *Amarantus caudatus*.

[1] Die Resultate meiner Versuche mit *Nicotiana Tabacum* stimmten mit den durch Raciborski erzielten nicht überein. Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, daß Raciborski eine andere Tabakrasse verwendete als ich.

Versuchspflanze: *Amarantus caudatus.* Versuchsbeginn: 8. November 1911. Dauer der Quellung: 20 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 4 bis 15° C.

	Datum					
	13. XI.	14. XI.	15. XI.	16. XI.	20. XI.	23. XI.
Licht	0	0	0	0	0	0
Dunkel	10	11	12	17	19	22

Auch innerhalb eines weiteren Monates kam im Lichte kein einziger Keimling hinzu.[1] Die Samen derselben Pflanzenart zeigen aber bei einer Temperatur von 20 bis 26° C. unter sonst gleichen Bedingungen nicht die geringste Spur von Lichtempfindlichkeit.

Versuchspflanze: *Amarantus caudatus.* Versuchsbeginn: 22. Juni 1911 Dauer der Quellung: 7 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 20 bis 26°.

	Datum										
	26. VI.	27. VI.	28. VI.	30. VI.	1. VII.	3. VII.	4. VII.	5. VII.	6. VII.	7. VII.	10. VII.
Licht	23	27	28	29	32	39	40	43	43	44	44
Dunkel	23	26	27	28	36	38	38	39	40	40	41

Diese ganz auffallende Tatsache veranlaßte mich, die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit der *Amarantus*-Samen von der Temperatur bei konstanten und beliebig hohen, respektive tiefen Temperaturen genauer zu untersuchen. Zur Ausführung dieser Versuche hatte ich in der Wiener Biologischen Versuchsanstalt im Prater Gelegenheit.

Am 20. Februar 1912 wurden in 16 Petrischalen je 50 Samen von *Amarantus caudatus* ohne vorhergehende Quellung auf feuchtem Filtrierpapier ausgelegt. Das Saatgut stammte aus dem Jahre 1910. Die Schalen wurden in

[1] Es ist kaum nötig, zu erwähnen, daß auch alle anderen Versuche erst nach längerer Beobachtungszeit entfernt wurden.

acht Kammern aufgestellt, in denen konstant eine Temperatur von 5. 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40° C. herrschte. In den höher temperierten Kammern wurde das Filtrierpapier besonders stark befeuchtet, so daß die Samen vor dem Austrocknen geschützt waren.

Datum	5° C.		10° C.		15° C.		20° C.		25° C.		30° C.		35° C.		40° C.	
	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel	Licht	Dunkel
22. II. . .	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	20	3	11	0
23. II. . .	0	0	0	0	0	0	1	5	12	5	18	30	32	20	32	0
24. II. . .	0	0	0	0	0	0	14	21	33	33	25	32	38	29	37	0
26. II. . .	0	0	0	0	0	6	27	36	—	—	—	—	—	—	40	8
27. II. . .	0	0	0	0	0	8	32	36	—	—	—	—	—	—	—	—
28. II. . .	0	0	0	0	1	11	33	36	—	—	—	—	—	—	—	—
29. II. . .	0	0	0	0	4	13	33	40	—	—	—	—	—	—	—	—
1. III. . .	0	0	0	0	6	14	33	48	—	—	—	—	—	—	—	—
2. III. . .	0	0	0	0	6	16	34	48	—	—	—	—	—	—	—	—
4. III. . .	0	0	0	0	7	19	35	48	—	—	—	—	—	—	—	—
5. III. . .	0	0	0	0	7	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. III. . .	0	0	0	1	7	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13. III. . .	0	0	0	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16. III. . .	0	0	0	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. III. . .	0	0	1	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19. III. . .	0	0	2	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20. III. . .	0	0	2	18	8	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21. III. . .	0	0	2	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27. III. . .	0	0	3	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13. IV. . .	0	20	10	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dieser Versuch zeigt ganz deutlich, daß die Hemmung, welche das Licht auf die Keimung der *Amarantus*-Samen ausübt, bei den niedrigsten Temperaturen 5 und 10° C. am größten ist. Bei 15° C. ist die Hemmung noch ganz beträchtlich, bei 20° C. bereits minimal. Die Unregelmäßigkeiten, die in der Zahl der Keimlinge bei 25 und 30° C. auftreten, sind, wie mir Wiederholungen des Versuches zeigten, zufällig. Bei diesen Temperaturen keimen die Samen im Lichte und im Dunkeln

gleich gut. Nun vollzieht sich bei 35° C. eine Umstimmung der Lichtempfindlichkeit; die Zahl der im Lichte auftretenden Keimungen übersteigt die der verdunkelten Kulturen. Bei 40° C. keimen dieselben Samen, welche bei 5° C. nur und bei 10° C. fast nur im Dunkeln keimten (vgl. auch die Tabelle auf p. 691), fast nur im Lichte. (In einem anderen Versuche keimten die Samen von *Amarantus caudatus* bei 40° C. ausschließlich im Lichte.)

Bemerkenswert ist, daß die Temperatur 40° C., die hier beinahe ein Optimum für die Keimung bedeutet, oberhalb des Maximums für Wachstum und die gesamte Lebenstätigkeit der Pflanze liegt. Die ausgekeimten Pflänzchen werden kaum 1 *dm* lang, sterben dann ab und verschimmeln. Darauf wurde bisher wenig achtgegeben.[1] Sachs, welcher zuweilen Keimung und Wachstum richtig auseinander hält, findet nur im unteren Nullpunkt einen wesentlichen Unterschied zwischen Keimung und Wachstum. Über die obere Temperaturgrenze äußert er sich folgendermaßen: ».... Die Ursache dafür liegt einfach in dem Umstande, daß die Temperaturen in der Nähe des oberen Nullpunktes der Keimung auch zugleich dem Temperaturmaximum, welches bei Entfaltung der späteren Teile einen zweiten oberen Nullpunkt vorstellt, nahe liegen« (Sachs, 1892, p. 74).

Durch Feststellung der Tatsache, daß bei *Amarantus* (das Gesagte gilt auch für *A. retroflexus* und *A. atropurpureus*) das Temperaturmaximum für Wachstum etc. für die Keimung noch sehr günstig ist, ist ein neuer Beweis dafür geliefert, daß die Keimung ein Lebensprozeß ist, welcher vielfach durch andere Umstände bedingt wird als die meisten Funktionen der Pflanze.

Ähnliche Versuche wie mit *Amarantus caudatus* machte ich auch mit *A. retroflexus* und *A. atropurpureus*. Auch die Samen dieser Pflanzen werden, wie wir bereits sahen, bei niedrigen bis mittleren Keimungstemperaturen durch das Licht in hohem Maße geschädigt. Bei 35° C. und besonders bei 40° C. zeigt sich immer eine bedeutende Begünstigung der

---

[1] Nach Heckel keimen die Samen vom schwarzen Senf recht gut auch bei Temperaturen, die oberhalb des Maximums für Wachstum liegen.

Keimung durch das Licht. Die oben angeführten Versuche belehrten mich also, daß die Lichtempfindlichkeit der *Amarantus*-Samen bei Konstanz aller sonstigen Bedingungen eine Funktion der Temperatur ist. Dies wurde in den Fig. 2 und 3 graphisch dargestellt. Auf der Abszissenachse in diesen Figuren sind die Temperaturgrade eingezeichnet, auf der Ordinatenachse die Größe der Hemmung, die das Licht auf die Keimung der *Amarantus*-Samen ausübt. Nimmt die Hemmung einen negativen Wert an, so bedeutet dies eine Begünstigung der Keimung durch das Licht. Als Größe der Hemmung nehme ich das Verhältnis der Zahl der Keimungen im Dunkeln zu jener im Lichte in jenem Momente an, wo bereits die Hälfte der Samen im Lichte oder im Dunkeln ausgekeimt ist. Da die Hemmung gleich Null ist, wenn das Verhältnis 1 beträgt, so ist von der erhaltenen Zahl stets 1 zu subtrahieren. Z. B.: Am 27. März waren bei 5° C. drei Samen im Lichte und 25 im Dunkeln ausgekeimt. Das Verhältnis der Zahl der Keimlinge im Dunkeln zu jener im Lichte beträgt 8·3, die durch das Licht ausgeübte Hemmung also 7·3. Für 5° C. und 40° C. beträgt

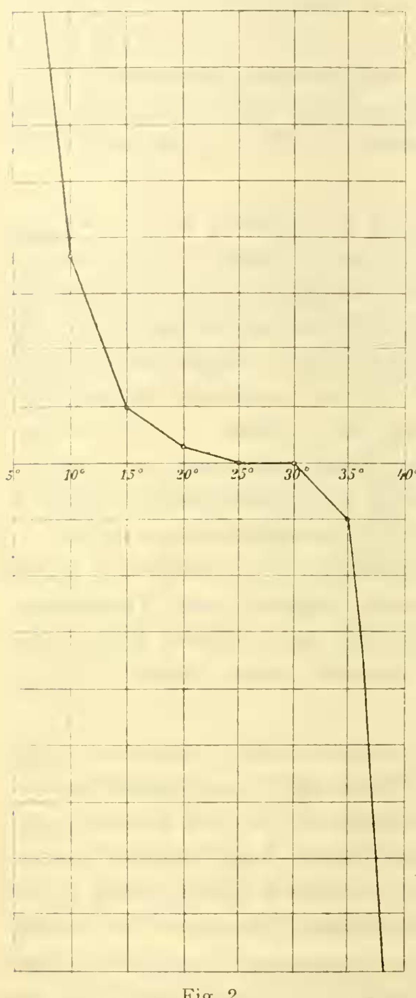


Fig. 2.

Graphische Darstellung der Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit der *Amarantus caudatus*-Samen von der Temperatur. Erklärung im Texte.

die Hemmung bei *A. caudatus* ∞, respektive −∞. Deshalb wurde bei diesen Temperaturen die Kurve nicht zum Schneiden mit der Ordinatenachse gebracht.

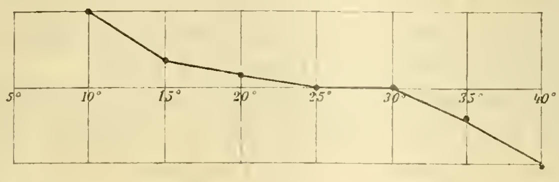


Fig. 3.

Graphische Darstellung der Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit der *Amarantus atropurpureus*-Samen von der Temperatur. Erklärung im Texte.

In der Fig. 4 sind auf der Abszissenachse die Temperaturgrade, auf der Ordinatenachse die Keimprozente eingezeichnet. Die Lichtkurven sind mit –×–×–×–, –o–o–o– und ---- bezeichnet,

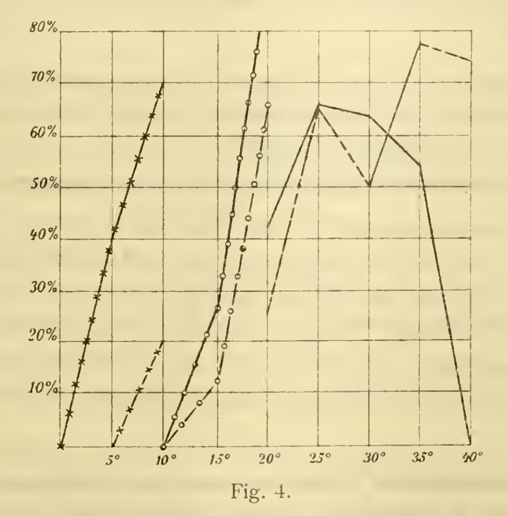


Fig. 4.

Erklärung im Texte.

die anderen sind Dunkelkurven. Die zwei ersten Kurven (-×-×–×–) stellen die Keimprozente in ihrer Abhängigkeit von Licht und Temperatur dar, wie sie im Versuche mit *A. caudatus* (vgl. die Tabelle auf p. 692) am 13. April gegeben waren. Das zweite Kurvenpaar (–o–o–o–) führt uns dasselbe für den 1. März und das dritte für den 24. Februar vor Augen.

Durch Temperaturen, welche oberhalb der normalen Keimungstemperaturen liegen, ist also bei *Amarantus* eine Umstimmung der Lichtempfindlichkeit möglich. Ich fand aber auch Samen, bei welchen der kritische Punkt der Umstimmung noch innerhalb normaler Keimungstemperaturen liegt, z. B. die von *Physalis Franchetti* und *Clematis Vitalba.*

Schon aus den auf p. 672, 674, 676, 680 und 689 angeführten Versuchen kann man ersehen, daß die Keimung der Samen von *Physalis Franchetti* bei einer Temperatur, welche zwischen 14 und 24° C. oder 13 und 27° C. schwankte, ohne Rücksicht auf das Keimbett in hohem Maße durch die Belichtung begünstigt wird. Ganz entgegengesetzt verhalten sich diese Samen bei Temperaturen von 5 bis 15° C. Die Zahl der im Lichte gekeimten ist zwar am Schlusse des angeführten Versuches nicht bedeutend kleiner als die Zahl der im Dunkeln gekeimten Samen, wohl ist aber die durch das Licht bewirkte Verzögerung bedeutend.

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti.* Versuchsbeginn: 1. Februar 1912. Dauer der Quellung: 24 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 5 bis 15° C.

	Datum												
	13. II.	15. II.	16. II.	19. II.	21. II.	22. II.	23. II.	27. II.	29. II.	4. III.	5. III.	11. III.	12. III.
Licht	0	0	0	1	3	8	11	18	25	28	30	37	39
Dunkel	4	11	13	13	20	27	29	35	40	47	47	47	47

Am Schlusse des Versuches stieg die Temperatur bis auf 22° C. Dieser Umstand ist wahrscheinlich dafür verantwortlich zu machen, daß die belichteten Samen am Schlusse doch beinahe das Keimprozent der verdunkelten erreichen. Um auch den Einfluß der Vorquellung kennen zu lernen, wurde der Versuch auch mit ungequollenen Samen gemacht, wobei sich am Resultate nichts änderte. Beachtenswert ist es, daß die Samen von *Physalis Franchetti* in der »Lichtkeimung« vom Substrate unabhängig sind, nicht aber in der »Dunkelkeimung«.

Wird Gartenerde als Keimbett verwendet, so ist die durch das Licht bewirkte Verzögerung kaum merklich. Als »Dunkelkeimer« verhalten sich also die Samen von *Physalis Franchetti* ähnlich wie die Samen von *Amarantus*.

Es wird hier wohl am Platze sein, zu erwähnen, daß Temperaturwechsel auf die Keimung der Samen von *Physalis Franchetti* günstig wirkt. Bei tieferen konstanten Temperaturen treten überhaupt nur vereinzelte Keimungen auf. Auch die Lichtempfindlichkeit bleibt durch den Temperaturwechsel nicht unbeeinflußt.

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti*. Versuchsbeginn: 24. April 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Biologische Versuchsanstalt. Temperatur: konstant 35° C.

	Datum			
	30. IV.	1. V.	6. V.	7. V.
Licht	3	7	16	18
Dunkel	0	0	0	0

Während so bei einer konstanten Temperatur von 35° C. ein kleines Keimprozent im Lichte erreicht wird, im Dunkeln aber die Keimung überhaupt ausbleibt, ermöglicht eine abwechselnde Einwirkung einer niedrigen (5° C.) und einer höheren Temperatur (35° C.) einerseits eine raschere und ausgiebigere Keimung im Lichte und ersetzt andrerseits teilweise den verdunkelten Kulturen die Belichtung. Zum Beweise des Gesagten werden wohl die unten angeführten Daten genügen.

Versuchspflanze: *Physalis Franchetti*. Versuchsbeginn: 6. Juni 1912. Keine Vorquellung. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Biologische Versuchsanstalt. Temperatur: 24 Stunden 5° C. und 24 Stunden 35° C.

	Datum			
	17. VI.	18. VI.	19. VI.	20. VI.
Licht	28	30	41	42
Dunkel	2	2	17	18

Ähnlich wie die Samen von *Physalis* verhalten sich bei Temperaturen von 5 bis 15° C. die Samen von *Capsicum* und *Lobularia maritima*. Auch sie werden durch die Dunkelheit begünstigt. Die schlechte Keimfähigkeit des Saatgutes war aber der Grund dafür, daß ich diese Samen nicht für weitere Versuche verwendete. Dagegen bot die Keimungsphysiologie von *Clematis Vitalba* manches Interessante. Bekanntlich bleibt bei dieser Pflanze bei der Fruchtreife der langbehaarte Griffel an der Frucht und dient als Flugapparat. Die leichten Früchte fallen erst spät nach dem herbstlichen Laubfall von der Pflanze ab und bleiben so größtenteils unbedeckt am Boden liegen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen vermutete ich, daß *Clematis Vitalba* ein Lichtkeimer wäre. Wie groß war aber mein Erstaunen, als ich nach drei Wochen in den verdunkelten Kulturen bei vielen der Früchtchen die Würzelchen austreten sah, während in den belichteten nicht die geringste Spur einer Keimung zu bemerken war. Nach einiger Zeit war bereits die Hälfte der verdunkelten Früchte ausgekeimt, im Lichte traten aber nur vereinzelte Keimlinge auf. Es machte den Eindruck, als hätten wir es mit einem ausgesprochenen Dunkelkeimer zu tun. Erst ganz allmählich (vielleicht mit dem Ansteigen der Temperatur) vermehrte sich die Zahl der Keimungen im Lichte und nach etwa anderthalb Monaten wurden die Dunkelkulturen von den belichteten eingeholt.

Versuchspflanze: *Clematis Vitalba*, frische Früchte. Versuchsbeginn: 15. Dezember 1911. Dauer der Quellung: 19 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Versuchsraum des Gewächshauses. Temperatur: 5 bis 15° C.

	Datum, 1912											
	8. I.	11. I.	12. I.	15. I.	16. I.	19. I.	22. I.	25. I.	26. I.	29. I.	30. I.	1. II.
Licht	0	0	0	**0**	1	5	15	23	33	37	37	42
Dunkel ...	7	14	16	**22**	23	24	29	33	34	39	42	42

Am 15. Jänner betrug die Zahl der Keimlinge in den belichteten Kulturen 2 auf 150, während im Dunkeln auf

ebensoviel 65 ausgekeimt waren. Der hemmende Einfluß, den das Licht in diesem Fall ausübte, ist ganz deutlich. Da die Früchte von *Clematis* in der Natur höchstwahrscheinlich beleuchtet keimen, kam dieses Ergebnis sehr unerwartet. Des Rätsels Lösung trat nun ein, als ich fand, daß schon bei einer Temperatur, welche nur um 10° C. die in dem oben angeführten Versuch übersteigt, die Waldrebe ein ausgesprochener Lichtkeimer ist. Dies ist aus folgendem Versuche zu ersehen.

Versuchspflanze: *Clematis Vitalba*. Versuchsbeginn: 23. Jänner 1912. Dauer der Quellung: 23 Stunden. Substrat: feuchtes Filtrierpapier. Ort: Warmhaus. Temperatur: 13 bis 27° C.

	Datum					
	8. II.	13. II.	15. II.	16. II.	19. II.	22. II.
Licht	1	24	31	34	43	43
Dunkel......	1	4	4	4	4	6

Bis 22. März traten keine neuen Keimungen auf. Es waren damals auf 100 Samen im Dunkeln 12 ausgekeimt, auf ebensoviel im Lichte 84. Die für diesen Versuch verwendeten Früchte stammten von denselben Individuen wie das Saatgut für den letzten Versuch und wurden gleichzeitig mit diesen (Dezember 1911) gesammelt.

Ende Februar 1912 wurden ähnliche Versuche bei konstanten Temperaturen 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 und 40° C. mit folgendem Resultat aufgestellt: Bei einer Temperatur von 15° C. keimten die ausgelegten Früchte ausschließlich im Lichte. Bei 10° C. war die durch das Licht bewirkte Begünstigung noch bedeutend, bei 5° C. bereits gering. Konstante Temperaturen oberhalb 15° C. verhinderten die Keimung überhaupt. Von 500 Samen keimte unter diesen Bedingungen in vier Monaten kein einziger. Dieses Ergebnis kann eine Erklärung im Alter der Samen finden. Wahrscheinlich sind nur frische Früchte zur Dunkelkeimung befähigt. Wir hätten es demnach bei *Clematis Vitalba* mit einem Falle zu tun, wo sich die Empfindlichkeit für Licht und Dunkel nicht nur mit der Temperatur, wie bei

Amarantus und *Physalis Franchetti*, sondern auch mit dem Alter der Samen ändert.

In der Natur dürfte bei *Clematis* nur die Lichtkeimung in Betracht kommen. Ob der hemmende Einfluß, den das Licht bei tieferen Temperaturen auf die Keimung frischer Samen ausübt, eine ökologische Bedeutung für die Waldrebe hat, ist schwer zu entscheiden. Möglicherweise vertritt er hier die Ruheperiode;[1] er macht es den frei am Boden liegenden Früchtchen unmöglich, in den kalten Wintermonaten, wo die Keimlinge sofort zugrunde gehen würden, auszukeimen. Dies gestattet ihnen erst die Frühlingssonne.

Als ich die oben angeführten Versuche bereits beendet hatte, bekam ich Gassner's neueste Arbeit zu Gesichte. Gassner lernte in *Chloris ciliata* eine Pflanze kennen, deren Früchte je nach der Temperatur in der Keimung vom Lichte begünstigt oder gehemmt werden.

»Die Wirkung des Lichtes je nach der Höhe der Keimungstemperatur ist die folgende:

1. eine keimungsfördernde bei höheren Temperaturen (30° C.),
2. eine keimungshemmende bei niederen Temperaturen (15 bis 20°),
3. eine indifferente (beim Übergang von 1 zu 2).«

Ich führe diese Ergebnisse hier an, ohne damit sagen zu wollen, daß das Verhalten von *Chloris ciliata* als Analogon zum Verhalten der Samen von *Amarantus*, *Physalis, Clematis* hinzustellen ist. Es scheint mir im Gegenteil so manches dagegen zu sprechen. So z. B. wurde

1. in den Versuchen von Gassner nicht sichergestellt, ob das Licht spezifisch durch die leuchtenden Strahlen wirkt. Da der Temperaturwechsel *Chloris ciliata* ähnlich wie *Poa*-Früchte beeinflußt und da direktes Sonnenlicht (Temperaturschwankungen waren in diesen Versuchen, wie Gassner selbst erwähnt, nicht ausgeschlossen) günstiger wirkt als diffuses Tageslicht, wäre eine exakte Untersuchung dieser

[1] Aus den früher besprochenen Versuchen ist zu ersehen, daß *Clematis Vitalba* keine Ruheperiode besitzt.

Frage sehr wünschenswert, trotzdem sie uns keinen Aufschluß über die in 2 erwähnte Tatsache geben kann (vgl. Lehmann, 1911, und Gassner, 1911);

2. weist die Keimungsphysiologie von *Chloris ciliata* so viel Eigenartiges auf, daß es wohl das Beste ist, mit Gassner *Chloris ciliata*-Früchte in ihrer Keimungsphysiologie mit anderen Samen nicht zu vergleichen.

Am Schlusse meiner Arbeit sei es mir gestattet, meiner aufrichtigen Dankbarkeit Ausdruck zu geben, die ich Herrn Prof. Dr. Molisch gegenüber für die Anregung zur vorliegenden Arbeit sowie für die mannigfaltigen Ratschläge empfinde. Auch Herrn Privatdozenten Dr. Oswald Richter und Herrn Assistenten Dr. V. Vouk bin ich für das rege Interesse an meiner Arbeit zu großem Danke verpflichtet. Den Herren Leitern der Biologischen Versuchsanstalt in Wien, Prof. Dr. Figdor, Dr. Przibram und L. v. Portheim, danke ich für die mir gewährte Möglichkeit, die ausgezeichneten Thermostaten dieses Institutes zu benützen.

III. Zusammenfassung.

1. Die Keimung aller untersuchten Amarantaceensamen wird bei Zimmertemperaturen durch die Dunkelheit begünstigt. Das Licht wirkt nur durch seine leuchtenden Strahlen, nicht durch seine thermische Kraft, seine schädigende Wirkung offenbart sich bei *Amarantus* auch bei nachheriger Verdunkelung.

2. Auf sehr empfindliche (noch nicht vollständig oder eben ausgeruhte) *Amarantus*-Samen wirken alle Spektralbezirke keimungshemmend und es unterbleibt die Keimung bereits bei sehr geringen Lichtintensitäten. Ältere Samen können bei höheren Temperaturen nur durch direktes Sonnenlicht an der Keimung vollständig verhindert werden.

3. Die *Amarantus*-Samen machen eine Ruheperiode durch, sie kann aber im Dunkeln durch Säurewirkung aufgehoben werden. Das Alter der Samen ist von großer Bedeutung für ihre Lichtempfindlichkeit.

4. Gartenerde als Keimbett vermag das Keimprozent der Dunkelkulturen zu erhöhen. Dies ist aber nur bei vollständig ausgeruhten Samen möglich.

5. Die größte Hemmung der Keimung bewirkt das Licht bei *Amarantus*-Samen bei tiefen Temperaturen (5 bis 10° C.); Temperaturen von 25 bis 30° C. heben die Lichtempfindlichkeit vollständig auf; eine Temperatur von 35 bis 40° C. bewirkt eine Umwandlung der Dunkelkeimer in obligate Lichtkeimer.

6. Die Samen von *Physalis Franchetti* werden bei Temperaturen zwischen 5 und 15° C. durch die Dunkelheit in ihrer Keimung begünstigt, bei Temperaturen von 15 bis 35° C. sind sie Lichtkeimer.

7. Die Keimung bei höheren Temperaturen wird bereits durch sehr geringe Lichtintensitäten ermöglicht. Das Optimum für den Lichtkeimer *Physalis* liegt in Orange, ein zweites, tieferes in Blauviolett, das Minimum in Grün.

8. Das Substrat ist nur bei tieferen Temperaturen (also bei dem Dunkelkeimer *Physalis*) für die Lichtempfindlichkeit von Bedeutung.

9. Auch auf die Samen von *Physalis* wirkt nur der leuchtende Teil des Spektrums.

10. Die Keimung frischer Samen (Früchte) von *Clematis Vitalba* wird bei niedrigen Temperaturen (5 bis 10° C.) durch die Dunkelheit begünstigt, die älterer Samen durchwegs durch das Licht. Bei 15° C. ist für die Keimung älterer Samen das Licht unumgänglich notwendig; bei 5 und 10° C. beschleunigt es die Keimung. Konstant einwirkende höhere Temperaturen wie 15° C. unterdrücken die Keimung der *Clematis*-Früchte vollständig.

11. Temperaturwechsel wirkt auf die Keimung der *Physalis*-Samen günstig.

12. *Begonia semperflorens*-Samen werden ohne Rücksicht auf das Substrat durch das Licht in der Keimung begünstigt.

13. Bei *Amarantus atropurpureus* wurde ein Einfluß der Vorquellung auf die Lichtempfindlichkeit konstatiert.

Literaturverzeichnis.

(In dieses Verzeichnis wurden nur die im Texte berücksichtigten Arbeiten aufgenommen. Näheres bei Pauchon, Kinzel und Lehmann.)

1. Adrianowski, Influence de la lumière sur la première période de la germination. Archives de l'Acad. forestière et d'agriculture Moscou, 6e année, I, 1883. Ref.: Bot. Zentralbl., Bd. XIX, p. 73, und Just, Bot. Jahresb., 1885, I, p. 19 und 20.
2. Figdor, Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen einiger Gesneriaceen. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1907.
3. Fischer Alfred, Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ebenda.
4. Gassner, Über Keimungsbedingungen einiger südamerikanischer Gramineensamen. Ebenda, 1910.
5. — Vorläufige Mitteilung neuerer Ergebnisse meiner Keimungsuntersuchungen mit *Chloris ciliata*. Ebenda, Bd. XXIX (1911).
6. — Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*. Jahrb. der Hamburg. wissensch. Anst., 1912.
7. Heckel, De l'action des températures élevées et humide et de quelques substances chimiques (benzoate de soude, acide benzoique, acide sulfureux) sur la germination. Compt. rend. des séances de l'acad. des sciences, T. 91 (1880), 2.
8. Heinricher, Ein Fall beschleunigender Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung. Ber. der Deutsch. bot. Ges., Bd. XVII (1899).
9. — Notwendigkeit des Lichtes und befördernde Wirkung desselben bei der Samenkeimung. Beih. zum Bot. Zentralbl., Bd. XIII.
10. — Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht, 1907. Wiesner-Festschrift, 1908.
11. — Die Keimung von *Phacelia tanacetifolia* und das Licht. Bot. Ztg., 1908.
12. Jesenko, Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1912.

13. Kinzel, Über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung. Lichtharte Samen. Ebenda, 1907.

14. — Lichtkeimung usw. Ebenda, 1908.

15. — Lichtkeimung. Ebenda, 1909.

16. Lehmann, Neuere Untersuchungen über Lichtkeimung. Sammelreferat.

17. — Zur Keimungsphysiologie und -biologie von *Ranunculus sceleratus* L. und einigen anderen Samen. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1909.

18 — Temperatur und Temperaturwechsel in ihrer Wirkung auf lichtempfindliche Samen. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1911.

19. Liebenberg, Einfluß intermittierender Erwärmung auf die Keimung von Samen. Bot. Zentralbl., 1884, Bd. XVIII.

20. Lubimenko, Influence de la lumière sur la germination des graines. Revue gén. de Bot., 1911.

21. Nagel Wil. A., Über flüssige Strahlenfilter. Biol. Zentralbl., 1898, Bd. XVIII.

22. Pauchon, Recherches sur le rôle de la lumière dans la germination. Etude historique, critique et physiologique. Ann. d. sc. nat. Bot., T. X (1880).

23. Pickholz, Ein Beitrag zur Frage über die Wirkung des Lichtes und intermittierender Temperatur auf die Keimung von Samen sowie über die Rolle des Wassergehaltes der Samen bei dieser Wirkung. Zeitschr. für das landw. Versuchswes. in Österreich, 1911.

24. Raciborski, Über die Keimung der Tabaksamen. Extrait du Bull. de l'Inst. bot. de Buitenzorg, 1900.

25. Remer, Der Einfluß des Lichtes auf die Keimung von *Phacelia tanacetifolia* Benth. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1904.

26. Sachs, Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie. I. Bd. (1892). Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur, 1860.

27. Vandervelde, Über den Einfluß der chemischen Reagenzien und des Lichtes auf die Keimung der Samen. Bot. Zentralbl., 1897, Bd. LXIX.
28. — De Kieming der Zaadplanten (1905). Ref.: Bot. Zentralbl., 1906; Just, Bot. Jahresb.
29. Wiesner, Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. Diese Sitzungsber., Abt. I, 1893.
30. — Pflanzenphysiologische Mitteilungen aus Buitenzorg (IV). Vergleichende physiologische Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* und *Lorantus*. Ebenda, Bd. CIII, Abt. I (1894).
31. — Über Ruheperiode und über einige Keimungsbedingungen von *Viscum album*. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1897, Bd. XV.